Potential Impacts of Seismic Energy on Snow Crab

Background

On October 20, 2000, the Canada Nova Scotia Offshore Petroleum Board (CNSOPB) received a directive from the federal and provincial energy ministers to conduct a Public Review on the effects of potential oil and gas exploration and drilling activities off the coast of Cape Breton. In order to provide scientific information to the commissioner, DFO scientists reviewed a series of working papers at a meeting of the Maritimes Regional Advisory Process (RAP) in 2001 (DFO Maritime Provinces Regional Habitat Status Report 2001/001).

This meeting concluded that there was a lack of information on the potential impacts of seismic activities on snow crab, specifically:

- *Acute mortality of eggs, larvae, juveniles, adolescents and adult males and females.*
- *Physiological impacts including structural damage to hearing, digestive and reproductive organs, the respiratory system, digestive tracts and embryos and functional damage to hearing and communicating capacity and the capacity of molting, feeding and hatching.*
- *Abnormal behaviour during mating or molting.*
- *Movement and migration during all life stages.*
- *Impact on catch rate in the fishery.*

The RAP also concluded that the area of interest off the west coast of Cape Breton is the location of a large and economically important snow crab fishery and an important area for larval settlement. All benthic phases and size groups of snow crab inhabit the area of interest and there are high landings and catch per unit of effort in the fishery.

In March 2003, DFO organized a workshop to produce an inventory of ecological factors that should be considered when dealing with referrals for seismic surveys in Canadian waters (DFO National Capital Region Habitat Status Report 2004/002). Some highlights from this report include:

- *Information is lacking to evaluate the likelihood of sub-lethal or physiological effects on crustaceans during pre-molt, molting and post-molt periods.*
- *The ecological significance of the effects is expected to be low, except if effects of exposure to seismic sounds were to influence reproductive or growth activities.*
- *The potential for seismic sound to disrupt communication, orientation, detection of predator/prey, locomotion and other functional uses of sound has not been studied.*

In recognition of the stated lack of knowledge on the potential effects of seismic activities on the health of the resident snow crab populations in Atlantic Canada, the Environmental Studies Research Fund (ESRF) funded a scientific study on the effects of seismic energy on snow crab (Chionoecetes opilio). The results of this preliminary study suggested no obvious effects on adult crab behaviour, health or catch rates (Christian et al., 2003). However, some uncertainty remained as the eggs of one female showed significant effects on development when exposed to seismic signals at a very close range (2 m).

In November 2003, the CNSOPB granted a permit to industry to conduct a seismic survey off the western coast of Cape Breton Island, Nova Scotia. DFO formed a partnership with CNSOPB, NS Department of Energy, Area 19 Snow Crab Fishermen's Association and Corridor Resources Inc. to conduct a collaborative study on the potential impacts of seismic energy on the reproductive biology of female snow crab. DFO's role was 1) to augment industry's regulatory compliance monitoring program based on sound-field measurements and 2) to expand the crab studies beyond a repeat of the preliminary study parameters undertaken by Christian et al. (2003) by adding a comprehensive cage-study design. The sources of funding, including in-kind contributions, are provided below:

Corridor Resources	*$170,000*
(field support and sound propagation studies)	
NS Dept of Energy	*$42,500*
DFO	*$223,500*
(logistical support, salary and partnership contribution to St. Francis Xavier U.)	
ESRF	*$100,000*
(field support – spring program)	
Total	*$536,000*

Canada

Summary

1. There were three definitive observations:
   - This seismic survey did not cause any acute or mid-term mortality of the crab, nor was there any evidence of changes to feeding in the laboratory.
   - Survival of embryos being carried by female crabs, and locomotion of the resulting larvae after hatch, were unaffected by the seismic survey.
   - In the short term, gills, antennules and statocysts (balance organs) were soiled in the test group but they were found to be completely cleaned of sediment when sampled five months later.

2. There were several significant differences between experimental results of test and control groups, even after five months. It was not known if these differences were due to environmental differences between the test and control sites. As a consequence, nothing definitive could be said about the results until further work is done:
   - The hepatopancreas (similar function to a liver) was found to be bruised in the test site.
   - Ovaries from animals at the test site were found to be bruised and had dilated oocytes with detached chorions (the outer membrane).
   - In one test group, embryo hatch was delayed by 5 days on average and resulting larvae were slightly smaller than controls.
   - Orientation (turnover rate), as measured by the time an overturned crab needs to right itself, was different between the test and control groups.

3. This experiment was the first of its kind in the world to test the potential impact of seismic exposure on snow crabs and it demonstrated the importance of careful experimental design and the type of work required in conjunction with future seismic surveys.

Introduction

On September 29, 2004 a scientific peer review was completed on the results of experiments designed to study the potential impacts of seismic energy on snow crab. This review evaluated the results from a preliminary study on the potential impact of low-level seismic energy (132 hours of survey time, low-volume 1,310 in^3 air-gun array) on the reproductive biology of female snow crab. The study included caging and laboratory experiments conducted in winter 2003 and spring 2004. The caging experiment was conducted at the location of potential hydrocarbon deposits off the western coast of Cape Breton. It also bordered the site of one of the highest concentrations of snow crab in the world. The caging experiment examined short (12 days) and medium (5 months) term differences in the morphology and physiology of snow crab at test and control sites. Snow crabs from both groups were also observed under laboratory conditions for differences in mortality, morphology, physiology, feeding and orientation (turnover rate) over a five month period.

The study was organized on short notice to take advantage of an operational seismic survey in late 2003. It was developed by a partnership with Corridor Resources, Area 19 snow crab fishermen, CNSOPB, NS Dept. of Energy and DFO. The study was preliminary because it was designed to reveal observations or issues that would merit more detailed investigation. The study was designed to accompany a seismic survey in late 2003 and because of the short preparation time, there were constraints on its scope and the amount of resources available. As a result it was decided to focus the study entirely at one test and control site and because of concerns about reproduction, on the same type of mature female snow crab.

It is important to note that the test and control sites were quite different in temperature, substrate and food availability, which made it difficult to clearly interpret the results. The test site was colder, shallower and may have had sediments with elevated levels of organic

material when compared to the control site. Temperature is an important variable controlling metabolism and healing of marine animals. In addition, it appeared that snow crab placed at the control site were slightly larger than crab at the test site despite both groups originating from the same place and time.

Finally, animals in the short- and medium-term experiments received different exposures of seismic energy. Forty-two hours of seismic testing were done after retrieving animals for the short-term experiments.

Responses to the Questions

1. Is there evidence from this study that indicates irreversible harm (including death) to female snow crab caused by these seismic operations?

- There were no significant differences in mortality between the test and control groups.
- In one of the four laboratory studies, observations of greater leg loss within the seismic test group may be linked to other causes such as conditions of transport.

2. Is there evidence from this study that seismic energy produced mortality or morbidity in female snow crab carrying eggs?

- There was no evidence of mortality or morbidity in the test group.

3. Is there evidence from this study that seismic energy produced long-term effects on the behaviour of female snow crab?

- This study was unable to adequately address this question, except there was a trend towards faster turnover rates in seismic-exposed crab.
- Over several months of observations in the laboratory, there was no difference in food consumption between test and control animals.

4. Is there evidence from this study that seismic energy produced long-term effects on the characteristics and morphology of gills and internal organs of female snow crab?

- There were differences between test and control groups in the characteristics of antennules, statocysts, gills, hepatopancreas and ovaries.
- Animals at the test site were found to have sediment (associated with organic material) in the antennules, statocysts and gills but they were clean when examined five months later.
- In the test group, there were changes in the cellular structure of the hepatopancreas consistent with a response to stress in both short- (12 days) and medium- (5 months) term conditions. It is not known if the noted differences were related to dissimilarity of control and exposed samples and/or different holding conditions in the environment instead of seismic exposure per se.
- There were abnormalities and some hemorrhaging in the ovaries of the test group. In addition, the mean diameters of oocytes from this group were also larger due to dilation. The cause is not known: see statement above.
- In terms of metabolic indices, levels of enzymes in the haemolymph (blood) were comparable between the seismic and control groups, suggesting no major cellular damage to organs like the hepatopancreas for fed animals kept in laboratory conditions.

5. Is there evidence from this study that seismic energy produced effects on the hatch of embryos carried by exposed female snow crab and subsequent morphology and locomotion of larvae?

- The rates of embryo survival to hatch were similar between the two groups.
- Embryo development within animals recovered from the vicinity of the seismic site appeared to be delayed. Furthermore, the larvae from the seismic site were smaller and had proportionally (to body size) smaller spines and eyes than the control larvae. This observation may be caused by environmental factors, such as

temperature differences. In addition, 45 crab retrieved after 12 days from test and control groups were observed in the laboratory for differences in time to hatch and none were noted. In fact larvae from the test group appeared two days before those from the control group.

- There were no differences observed in swimming behaviour of larvae hatched from the two sites.

6. What further research would be useful, if any?

There are a number of short-term research initiatives that would help clarify the results:

- Biomass surveys were conducted both before and after the seismic survey. These surveys should be examined for changes in abundance of different categories of snow crab to see if there was any evidence of elevated natural mortality or redistribution. In addition densities of caged animals and wild animals should be compared.
- It would be helpful to summarize observations of egg loss for laboratory studies where possible and this information needs to be corrected for parental size because larger females produce more eggs.
- There was some evidence of bruising in gills of test animals and these observations should be completed for all test and control animals.
- Measurements of background or ambient sound were taken prior to the seismic testing and this information should be summarized.
- Information on leg loss should be summarized for all laboratory studies.
- Sediment from the test and control sites should be compared.
- An additional study was conducted in May 2004 to examine the dragging of cages during their retrieval and its impact on sediment observed in gills, statocysts and antennules. This work should be summarized.
- There were concerns that some of the observations could be related to size of animals. Thus a smaller subset of comparisons could be done with the same-sized animals for test and control observations.

This experiment was the first of its kind in the world and revealed the importance of careful experimental design and the value of continuing this type of work in conjunction with future seismic surveys. Examples of the type of work that would be helpful are:

- Baseline animals should be examined at test and control sites before any experiments are done.
- Video monitoring of snow crab behaviour in the field would be very helpful. Note that there were limited behavioural observations in the current study.
- It would be helpful to examine different categories of animals. For example the multiparous females (females carrying eggs that are not their first batch) examined in this study may not necessarily be the most sensitive stage.
- Future field work should include multiple control and test sites.
- Laboratory studies should be conducted under blind or double-blind conditions to ensure that there is no bias or observation error.
- It would be useful to understand how sound affects animals, i.e. sound pressure or motion of particles. It remains to be determined if seismic noise causes stress and if snow crab can actually hear the seismic signals.
- It would be useful to examine expected worst-case scenarios under controlled conditions. The advantage of lab study is that signal and exposure can be controlled precisely and a whole range of behavioural and physiological questions could be asked that are difficult or impossible to address in the field.
- It would be useful to examine other parts of the benthic community for potential impacts.
- Future work should examine effects of exposure to seismic signals when animals are buried in the sediment because signal levels may be higher in the substrate than the water column. The caging experiments did not allow animals to bury themselves.

- Future work should ensure that animals receive the maximum exposure to seismic energy that they are likely to encounter and the experiment should measure ambient and cumulative exposure to sound, including peak sound levels (RMS) and sound exposure levels (SEL).
- Future field experiments should include observations for longer time periods, up to one year to assess if there are long-term effects and/or recovery.
- It would be useful to examine exposure-distance relationships for the effects on egg development.
- Finally, it is important that information on potential impacts of seismic energy be communicated to other scientists working on these questions in other parts of Canada and globally.

7. How applicable are the results and conclusions of this study to other crustacean species (e.g. other crab species and lobster)?

- This work is very helpful because snow crab is a species that lives closely associated with fine bottom sediments and there are very few studies on the potential impact of seismic energy on substrate dwelling animals.
- Observations on larvae may be applicable to other animals with this life-history stage, such as other crab species and lobster.
- The questions and experiments raised by this study will help to guide future work.

References

DFO, 2001. Description of the Southern Gulf pf St. Lawrence and Sydney Bight Marien Ecosystems in Relation to Oil and Gas Exploration. DFO Maritime Provinces Regional Habitat Status Report 2001/01.

DFO, 2004. Review of Scientific Information on Impacts of Seismic Sound on Fish, Invertebrates, Marine Turtles and Marine Mammals. DFO Can. Sc. Advis. Sec. Habitat Status Report 2004/002.

Christian, J.R., A. Mathieu, D.H. Thompson, D. White, and R. Buchanan. 2003. Effect of Seismic Energy on Snow Crab (*Chionoecetes opilio*). Environmental Research Funds Project No. 144. Calgary, 106 p.

For more Information

Contact:

Michael Chadwick
Oceans and Science Branch
Fisheries and Oceans Canada
343 Université Avenue
Moncton, NB
E1C 9B6

Tel: (506) 851-6206
Fax: (506) 851-2387
E-mail: chadwickm@dfo-mpo.gc.ca

This report is available from the:

Maritime Provinces
Regional Advisory Process
Fisheries and Oceans Canada
P.O. Box 1006, Stn. B203
Dartmouth, Nova Scotia
Canada B2Y 4A2

Phone number: 902-426-7070
Fax Number: 902-326-5435
e-mail address: myrav@mar.dfo-mpo.gc.ca
Internet address: www.dfo-mpo.gc.ca/csas

ISSN 1708-6272 (printed)
© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2004

La version française est disponible à l'adresse ci-dessus.

Correct citation for this publication

DFO, 2004. Potential Impacts of Seismic Energy on Snow Crab. DFO Can. Sci.

Advis. Sec. Habitat Status Report 2004/003.

Impacts possibles de la prospection sismique sur le crabe des neiges

Renseignements de base

Le 20 octobre 2000, l'Office Canada-Nouvelle-Écosse des hydrocarbures extracôtiers (OCNEHE) a reçu pour directive, de la part des ministres de l'Énergie des gouvernements fédéral et provincial, de procéder à un examen public des effets d'activités éventuelles d'exploration et de forage de pétrole et de gaz au large du Cap-Breton. Afin de fournir des renseignements scientifiques au commissaire, des scientifiques du MPO ont passé en revue une série de documents de travail lors d'une réunion tenue en 2001 dans le cadre du Processus consultatif régional (PCR) des provinces Maritimes (MPO – Maritimes, Rapport régional sur l'état de l'habitat 2001/001).

Il a été conclu lors de cette réunion que l'on manquait d'information sur les effets possibles des activités de prospection sismique sur le crabe des neiges, plus particulièrement :

- *le taux de mortalité aigu des oeufs, des larves, des juvéniles, des adolescents et des femelles et mâles adultes;*
- *les impacts physiologiques, y compris les dommages à la structure des éléments de l'ouïe, des organes de la digestion, des organes reproducteurs, du système respiratoire, du tube digestif et aux embryons et les dommages à la fonction de l'ouïe, à la capacité de communication et à la capacité de muer, d'alimentation et d'éclosion des oeufs;*
- *le comportement anormal durant l'accouplement ou la mue;*
- *les déplacements et la migration à tous les stades du cycle vital;*
- *l'impact sur le taux de capture lors de la pêche.*

Il a aussi été conclu lors du PCR que la zone d'intérêt à l'ouest du Cap-Breton est l'emplacement d'une pêche du crabe des neiges de grande envergure, importante au plan économique, et une importante aire de fixation des larves. Tous les stades benthiques et groupes de taille de l'espèce sont retrouvés dans la zone d'intérêt. De fortes prises y sont récoltées et les prises par unité d'effort sont élevées.

En mars 2003, le MPO a organisé un atelier de travail en vue de dresser un inventaire des facteurs écologiques qui devraient être considérés lors de l'évaluation des renvois de projets de relevé sismique dans les eaux canadiennes (MPO – Région de la capitale nationale, Rapport sur l'état de l'habitat 2004/002). Voici quelques points saillants tirés de ce rapport :

- *on manque d'information pour évaluer la possibilité d'effets physiologiques ou sublétaux sur les crustacés avant, durant ou après la mue;*
- *on s'attend à ce que l'importance écologique des effets soit faible, sauf si les effets de l'exposition à des bruits sismiques ont une incidence sur les activités de reproduction ou de croissance;*
- *le potentiel des bruits sismiques de perturber la communication, l'orientation, la détection de prédateurs/proies, la locomotion et d'autres fonctions des sons n'a pas été étudié.*

Reconnaissant le manque d'information constaté sur les effets possibles des activités de prospection sismique sur la santé des populations résidantes de crabe des neiges du Canada atlantique, le Fonds pour l'étude de l'environnement (FEE) a financé une étude scientifique des effets de l'énergie sismique sur le crabe des neiges (Chionoecetes opilio). Les résultats de cette étude préliminaire ne semblent pas indiquer que celle-ci a des effets évidents sur le comportement des crabes adultes, leur santé ou les taux de capture (Christian et al., 2003). Il demeure toutefois certaines incertitudes; le développement des oeufs d'une femelle a été significativement perturbé lorsque celle-ci a été exposée à des bruits sismiques à très courte distance (2 m).

En novembre 2003, l'OCNEHE a délivré une licence à l'industrie pour mener un relevé sismique au large de la côte ouest du Cap-Breton, en Nouvelle-Écosse. Le MPO a conclu un partenariat avec l'OCNEHE, le ministère de l'Énergie de la Nouvelle-Écosse, l'Association des pêcheurs de crabe des neiges de la zone 19 et la société Corridor Resources Inc. en vue de mener une étude concertée des effets possibles des bruits sismiques sur la capacité de reproduction du crabe des neiges femelle. Le rôle du MPO était 1) de compléter le programme de surveillance de la conformité de l'industrie aux règlements reposant sur des mesures du champ acoustique et 2) d'étendre les études sur le crabe au-delà des premiers paramètres étudiés par Christian et al. (2003) par l'ajout d'un volet exhaustif d'expériences portant sur des spécimens mis en cage. Les fonds requis, y compris les contributions en nature, provenaient des sources suivantes :

Corridor Resources Inc.	*170 000 $*
(soutien sur le terrain et études sur la propagation des sons)	
Ministère de l'Énergie (N.-É.)	*42 500 $*
MPO	*223 500 $*
(soutien logistique, salaires et contribution de partenariat à l'Université St. Francis Xavier)	
ESRF	*100 000 $*
(soutien sur le terrain – programme de printemps)	
Total	*536 000 $*

Sommaire

1. Les scientifiques ont fait trois observations formelles :
- Le relevé sismique n'a entraîné la mortalité aiguë ou à moyen terme d'aucun crabe, et il n'y avait aucune preuve de changement du profil d'alimentation en laboratoire.
- Le relevé sismique n'a eu aucune incidence sur la survie des embryons portés par les femelles et les capacités locomotrices des larves.
- Les branchies, les antennes antérieures et les statocystes (organes de l'équilibre) des spécimens du site d'essai étaient souillés à court terme, mais ils étaient complètement débarrassés de sédiments après cinq mois.

2. Plusieurs différences significatives ont été observées entre les résultats obtenus au site d'essai et au site témoin, même après cinq mois. Il demeure incertain si ces différences sont attribuables aux différences entre les deux sites, et il est donc impossible de tirer des conclusions solides jusqu'à ce que des études plus poussées soient réalisées. Voici quelles sont ces observations :
- L'hépatopancréas (fonction semblable à celle du foie) était affecté chez les spécimens du site d'essai.
- Chez les animaux du site d'essai, les gonades étaient affectés, les orocytes, dilatés, et le chorion (membrane extérieure), détaché.
- Dans un groupe expérimental, l'éclosion des oeufs a été retardée de 5 jours en moyenne et les larves étaient légèrement plus petites que celles du groupe témoin.
- La capacité d'orientation, telle que mesurée par le temps qu'il faut à un crabe mis sur le dos de se remettre sur ses pattes, variait entre les spécimens du site d'essai et ceux du site témoin.

3. Cette étude était la première du genre au monde. Elle a fait ressortir l'importance de concevoir avec soin les expériences prévues et la nécessité de poursuivre ce genre de recherche dans le cadre de relevés sismiques futurs.

Introduction

Le 29 septembre 2004, une équipe de scientifiques a analysé les résultats d'une série d'expériences sur le crabe des neiges, plus précisément une étude préliminaire sur l'impact possible d'une faible quantité d'énergie sismique (courte durée et faible amplitude) sur la biologie de la reproduction des crabes femelles. Cette étude, qui a été réalisée au cours de l'hiver 2003 et du printemps 2004, prévoyait la conduite d'expériences en casier et en laboratoire. Les casiers ont été placés dans un endroit renfermant des réserves pétrolières et gazières possibles au large de la côte Ouest du Cap-Breton, là où se trouve également à proximité l'une des plus grandes concentrations de crabes des neiges du monde. À partir d'expériences au casier, les scientifiques ont pu examiner, à court terme (douze jours) et à moyen terme (cinq mois), la morphologie et la physiologie du crabe des neiges dans un site d'essai et dans un site témoin. Les chercheurs ont également observé des spécimens des deux groupes en laboratoire, ce qui leur a permis d'observer des différences au chapitre de la mortalité, de la morphologie, de la physiologie, de l'alimentation et la capacité d'orientation sur une période de cinq (5) mois.

L'étude a été mise sur pied à court préavis, de façon à coïncider avec un relevé sismique opérationnel prévu pour la fin de 2003. Elle a été réalisée grâce à un partenariat avec la société Corridor Resources, les pêcheurs de crabe des neiges de la zone 19, l'OCNEHE et le MPO. Il s'agissait d'une étude préliminaire, qui devait permettre aux scientifiques de mettre en évidence des questions méritant un examen plus approfondi. En raison du court délai de préparation, il a fallu en restreindre la portée et composer avec des contraintes budgétaires. Les auteurs de l'étude ont donc décidé de se concentrer exclusivement sur un site d'essai et un site témoin et d'étudier le même type de femelles matures pour pouvoir tirer des conclusions sur la reproduction.

Il est important de noter que le site d'essai et le site témoin étaient fort différents sur le plan de la température, du substrat et de l'abondance de la nourriture, de sorte qu'il est difficile d'interpréter clairement les résultats. Comparativement aux eaux du site témoin, les eaux du site d'essai étaient plus froides et moins profondes, et elles renfermaient des sédiments à plus forte teneur en matières organiques. La température est une variable importante qui contrôle le métabolisme et la guérison des animaux marins. De plus, il semble que les crabes des neiges placés dans le site témoin étaient légèrement plus gros que ceux du site d'essai, malgré le fait qu'ils provenaient tous du même endroit et qu'ils avaient été prélevés au même moment.

Enfin, les animaux des projets de recherche à court et à moyen terme n'ont pas été exposés aux mêmes périodes d'énergie sismique. Dans le cas des projets à court terme, des essais sismiques ont été faits pendant 42 heures après que les animaux aient été récupérés.

Réponses aux questions

1. Est-ce que les résultats de cette étude indiquent que les activités de prospection sismique causent des torts irréversibles (y compris la mort) au crabe des neiges femelle?
- Il n'y avait aucune différence significative dans le taux de mortalité des animaux des sites d'essai et des sites témoins.
- La plus forte perte de pattes observée chez les animaux des sites d'essai lors d'une des quatre expériences en laboratoire peut être imputable à d'autres causes, comme les conditions de transport.

2. Cette étude indique-t-elle que l'énergie sismique est une source de mortalité ou de morbidité des femelles oeuvées?
- Il n'y avait aucun signe de mortalité ou de morbidité chez le groupe d'essai.

3. Cette étude indique-t-elle que l'énergie sismique a des effets à long terme sur le comportement des femelles?
- Il n'a pas été possible lors de cette étude de se pencher adéquatement sur cette question. On a toutefois observé une tendance chez les crabes exposés à des bruits sismiques à se remettre sur ses pattes plus rapidement.
- Pendant les plusieurs mois d'observation en laboratoire, aucune différence n'a été observée dans la quantité de nourriture consommée par les animaux des sites d'essai et des sites témoins.

4. Cette étude indique-t-elle que l'énergie sismique a eu des effets à long terme sur les caractéristiques et la morphologie des ouïes et des organes internes des femelles?
- Il y avait des différences entre les spécimens du site d'essai et ceux du site témoin en ce qui à trait aux caractéristiques des antennes antérieures, des statocystes, des ouïes, de l'hépatopancréas et des gonades.
- Les branchies, les antennes antérieures et les statocystes des spécimens du site d'essai étaient souillés à court terme, mais ils étaient complètement débarrassés de sédiments après cinq mois.
- Chez les spécimens du site d'essai, des changements dans la structure cellulaire de l'hépatopancréas ont été observés, ce qui correspond à une réaction au stress dans des conditions à court (12 jours) et à moyen (5 mois) terme. On ne sait pas si les différences observées sont imputables aux prélèvements des spécimens au site d'essai et au site témoin et/ou aux conditions de mise en cage différentes dans le milieu plutôt qu'à l'exposition à des bruits sismiques en soi.
- Chez les animaux du site d'essai, des anormalités et de l'hémorragie ont été observées dans les gonades des femelles. Le diamètre moyen de leurs orocytes était plus grand car ils étaient dilatés. On n'en connaît pas la cause : voir l'énoncé ci-dessus.

- Pour ce qui est du métabolisme, les teneurs en enzymes dans l'hémolymphe (sang) étaient comparables chez les deux groupes, ce qui donne à penser qu'aucun dommage cellulaire important des organes, comme l'hépatopancréas, n'a été causé chez les animaux nourris en laboratoire.

5. Cette étude indique-t-elle que l'énergie sismique produit des effets sur la sortie des embryons des oeufs portés par les femelles exposées et les caractéristiques morphologiques et la locomotion des larves?

- Les taux de survie des embryons jusqu'à l'éclosion des oeufs étaient semblables chez les deux groupes.
- Le développement des embryons chez les femelles récupérées à proximité du site de prospection sismique semblait retardé. En outre, les larves de ce site étaient plus petites et leurs épines et leurs yeux étaient proportionnellement plus petits (par rapport à la taille du corps) que chez les larves du groupe témoin. Ceci peut être imputable à des facteurs environnementaux, comme des différences de température. En outre, 45 crabes récupérés au site d'essai et au site témoin après 12 jours ont été observés en laboratoire afin d'établir s'il existait des différences dans le temps d'éclosion, mais aucune n'a été observée. De fait, les larves issues des spécimens du site d'essai se sont manifestées deux jours plus tôt que celles des spécimens du site témoin.
- Aucune différence n'a été observée dans le comportement natatoire des larves issues des deux sites.

6. Quels autres travaux de recherche seraient utiles, s'il y a lieu?

Voici quelques projets de recherche à court terme qui permettraient de préciser les résultats :

- Des relevés de la biomasse ont été réalisés avant et après les travaux sismiques. Il conviendrait d'en examiner les résultats pour y déceler des variations dans le nombre de différentes catégories de crabes des neiges, afin de vérifier s'il existe des preuves d'un niveau accru de mortalité naturelle ou d'une nouvelle répartition. De plus, il faudra comparer la densité des animaux en casier et des animaux en liberté.
- Il serait utile de faire une synthèse des observations relatives à la perte d'œufs en laboratoire; ces données doivent être corrigées pour tenir compte de la taille des spécimens, parce que les grosses femelles produisent un plus grand nombre d'œufs.
- Les branchies des spécimens du site d'essai étaient affectées. Il faut procéder à un examen des branchies de tous les animaux du site d'essai et du site témoin.
- Le bruit de fond (bruit ambiant) a été mesuré avant les relevés sismiques. Cette information devrait être résumée.
- Il faudrait faire une synthèse des données sur la perte de pattes pour l'ensemble des études en laboratoire.
- Il importerait de comparer les sédiments du site d'essai et du site témoin.
- Une autre étude a été réalisée en mai 2004 sur le glissement des casiers au fond de l'eau pendant leur récupération et sur les impacts de la présence de sédiments sur les branchies, les statocystes et les antennes antérieures. Il faudrait faire une synthèse de ces travaux.
- Les chercheurs craignaient que certaines observations puissent être liées à la taille des animaux étudiés. Il serait possible de réaliser un sous-ensemble de comparaisons avec des spécimens de taille comparable du site d'essai et du site témoin.

Cette étude était la première du genre au monde. Elle a fait ressortir l'importance de concevoir avec soin les expériences prévues et la valeur de poursuivre ce genre de recherche dans le cadre de relevés sismiques futurs. Voici quelques exemples d'études nécessaires :

- Il faut examiner les animaux des sites d'essai et des sites témoins avant d'entreprendre les expériences.
- Il serait très utile de surveiller le comportement du crabe des neiges par

vidéo sur le terrain. À noter qu'il avait peu d'observations sur le comportement de l'espèce dans la présente étude.

- Il serait utile d'examiner différentes catégories d'animaux. Par exemple, les femelles multipares ne sont pas forcément les plus sensibles aux perturbations.
- Les futurs travaux de terrain devraient se faire sur plusieurs sites d'essai et plusieurs sites témoins.
- Les études en laboratoire devraient être réalisées à simple ou à double insu pour éviter tout biais ou erreur d'observation.
- Il serait utile de connaître les effets du bruit sur les animaux (pression acoustique ou déplacement de particules). Il n'a pas encore été déterminé si le bruit sismique est un élément perturbateur et si le crabe des neiges a un sens de l'ouïe.
- Il serait utile d'examiner les pries scénarios à prévoir dans des conditions contrôlées. L'avantage d'études en laboratoire est que les signaux et la durée d'exposition peuvent être contrôlés précisément de sorte à trouver réponse à la gamme complète de questions relatives au comportement et à la physiologie, ce qu'il est difficile ou impossible à accomplir sur le terrain.
- Il serait utile d'examiner d'autres éléments de la communauté benthique pour déceler les impacts possibles.
- Les travaux futurs devraient examiner les effets de l'exposition d'animaux enfouis dans les sédiments à des signaux sismiques parce que les niveaux de bruit peuvent être plus élevés dans le substrat que dans la colonne d'eau. Les animaux mis en cage étaient incapables de s'enfouir dans les sédiments.
- Il faut s'assurer, lors des travaux futurs, que les animaux soient soumis à une durée d'exposition maximale à l'énergie sismique à laquelle ils sont susceptibles d'être exposés à un moment donné. La durée d'exposition ambiante et cumulative au bruit, y compris le niveau de pression sonore de crête et le niveau d'exposition au bruit, devraient aussi être mesurés.
- Les travaux futurs sur le terrain devraient comprendre des observations étalées sur de plus longues périodes, pouvant aller jusqu'à un an, de sorte à pouvoir établir s'il y a des effets à long terme et/ou un rétablissement.
- Il serait utile d'examiner les liens entre l'exposition et la distance et en déterminer les effets sur le développement des oeufs.
- Enfin, il est important que l'information sur les impacts possibles de l'énergie sismique soit communiquée aux scientifiques du Canada et d'ailleurs qui s'intéressent à ces questions.

7. Dans quelles mesure les résultats et conclusions de cette étude s'appliquent-ils à d'autres espèces de crustacés (p. ex. d'autres espèces de crabe et le homard)?

- Ces travaux sont très utiles parce que le crabe des neiges est une espèce qui vit sur des fonds de sédiments fins et très peu d'études sur les impacts possibles de l'énergie sismique sur les animaux benthiques ont été réalisées.
- Les observations sur les larves peuvent s'appliquer à d'autres animaux dont le cycle vital comprend ce stade, comme d'autres espèces de crabe et le homard.
- Les questions soulevées par cette étude et les expériences proposées aideront à orienter les travaux futurs.

Références

Christian, J.R., A. Mathieu, D.H. Thompson, D. White, and R. Buchanan. 2003. Effect of Seismic Energy on Snow Crab (*Chionoecetes opilio*). Environmental Research Funds Project no. 144. Calgary, 106 p.

MPO, 2001. Description des écosystèmes marins du sud du golfe du Saint-Laurent et du Sydney Bight en fonction de l'exploration pétrolière et gazière. MPO – Maritimes, Rapport régional sur l'état de l'habitat 2001/01.

MPO, 2004. Évaluation des renseignements scientifiques sur les impacts des bruits sismiques sur les poissons, les invertébrés, les tortues et les mammifères

marins. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rapport sur l'état de l'habitat 2004/002.

Pour obtenir de plus amples renseignements :

Contactez :

Michael Chadwick
Direction des océans et des sciences
Pêches et Océans Canada
343, ave Université
Moncton (N.-B.)
E1C 9B6

Tél. : (506) 851-6206
Téléc. : (506) 851-2387
Courriel : Chadwickm@mar.dfo-mpo.gc.ca

Distribué par le :

Bureau du processus consultatif régional des provinces Maritimes
Ministère des Pêches et des Océans
C.P. 1006, Succ. B203
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
Canada B2Y 4A2

Téléphone : 902-426-7070
Fax : 902-426-5435
Courriel : myrav@mar.dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet :www.dfo-mpo.gc.ca/csas

ISSN 1708-637X (imprère)
© Sa majesté la Reine, Chef du Canada, 2004

An English version is available on request at the above address.

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO, 2004. Impacts possibles de la prospection sismique sur le crabe des neiges. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rapp. sur l'état des habitats 2004/003.